

Ročník 3., Číslo 5., 2008

# OCENĚNÍ EXTERNÍCH ÚČINKŮ A NÁKLADŮ KONGESCE

## THE EVALUATION OF EXTERNAL EFFECTS AND COSTS OF CONGESTION

Vlastimil Melichar, Jindřich Ježek, Kateřina Pojkarová<sup>1</sup>

*Anotace:* Při ekonomickém hodnocení externích účinků kongesce je nutné zohledňovat nejen náklady na delší dobu cestování, ale i na provozní náklady vozidel vyplývající z zvýšení doby cestování, ocenit nepohodlí v přeplněných systémech, dodatečné náklady na palivo, nespolehlivost cestovních dob způsobených kongescí a dále nedostatkové náklady vyjadřující náklady příležitosti poskytovatelů služby za nedostupnost požadovaných odjezdových nebo příjezdových dob.

*Klíčová slova:* kongesce, náklady, ocenění nákladů

*Summary:* For economic evaluation of external effects of congestion it is necessary to take into account not only costs of long-term travelling, but also operating costs ensuing from higher time of travelling. There are also costs given by discomfort of overfull systems, additional fuelling costs, unreliability of travel time given by congestion etc.

*Key words:* congestion, costs, evaluation of costs

### 1. ÚVOD

Uživatelé dopravy tráví čas cestováním, který lze vyjádřit v penězích, přičemž můžeme použít koncept hodnoty času v dopravě odvozený od nepřímého vyjádření hodnoty času stráveného cestováním. Doba cestování pro danou cestu není fixní, ale bude záviset na úrovni dopravního provozu, která způsobuje to, že doprava je „zboží“ podléhající zpoždění.

Při snaze o internalizaci externích nákladů kongesce je nutné vycházet z marginálních společenských nákladů, které vyjadřují změnu celkových externích nákladů u všech uživatelů dopravy, jestliže do systému vstoupí dodatečný uživatel. Kongesci lze kromě těchto kvantitativních konceptů vyjádřit i kvalitativními mírami, jako jsou ukazatele úrovně služby. Současné studie poskytují metodiky a kvantifikaci marginálních externích nákladů kongesce pro specifické situace dopravního provozu, především pro silniční dopravu.

---

<sup>1</sup> Prof. Ing. Vlastimil Melichar, CSc., Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Studentská 95, 530 02 Pardubice, tel.: +420 46 603 6564, e-mail: [vlastimil.melichar@upce.cz](mailto:vlastimil.melichar@upce.cz)

Ing. Jindřich Ježek, Ph.D., Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Studentská 95, 530 02 Pardubice, tel.: +420 46 603 6377, e-mail: [jindrich.jezek@upce.cz](mailto:jindrich.jezek@upce.cz)

Ing. Kateřina Pojkarová, Ph.D., Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Studentská 95, 530 02 Pardubice, tel.: +420 46 603 6395, e-mail: [katerina.pojkarova@upce.cz](mailto:katerina.pojkarova@upce.cz)

## 2. DRUHY NÁKLADŮ A HLAVNÍ MECHANISMY

### 2.1. Náklady kongesce

Kongesce vychází ze vzájemného rušení uživatelů a konkurenčních uživatelů omezené kapacity dopravního systému. V závislosti na druhu dopravy, typu uživatelů, charakteristikách infrastruktury, místní době cestování a alternativních činnostech, může nadměrná poptávka způsobit řadu účinků, a to:

- **zvýšení doby cestování**, která tvoří nejdůležitější prvek kongesce. Při aplikování standardního ohodnocení ztrát cestovního času, tato kategorie nákladů všeobecně vykazuje 90% ekonomických nákladů kongesce. Hodnotu doby cestování nebo hodnotu časových úspor cestování lze rozlišit podle jízdních požadavků, druhů a délky cesty při cestování osob a druhu a typu zboží v nákladní dopravě,
- **pořízení vozidla a provozní náklady**, které jsou velmi důležité při obchodní dopravě, zahrnují opotřebení, řídicí personál a zvýšené poškození používáním vozidel při přeplněných modelech cestování. Zde jsou ale obecně zahrnuty v hodnotách přisuzovaným zvýšení cestovního času,
- **nepohodlí v přeplněných dopravních systémech** relevantní pro osobní dopravu, které se objevuje na přečpaných silnicích a rovněž ve veřejných dopravních systémech. Hodnota cestovního času za stísněných podmínek je tedy zvýšená zhruba o 50% ve srovnání s normálními podmínkami cestování,
- **dodatečné náklady paliva** vychází ze skutečnosti, že spotřeba paliva vozidel při podmínkách zastavení a rozjíždění a při nahromadění letadel kroužících nad letištěm a čekajících na přistání je vyšší než při volném toku dopravního provozu. Obecně tato kategorie nákladů tvoří 10 % nákladů kongesce,
- **spolehlivost**, působící na vyšší ohodnocení času zpoždění ve srovnání se standardním časem vozidla, obecně související s nespolehlivostí cestovních časů způsobených kongescí. Je považována za mnohem větší problém především v nákladní dopravě, než čisté zvýšení průměrných cestovních časů. Specifické indikátory, jako např. vyrovnávací časový index, pomáhají při popisování vratných přírážek, kterými cestující a přepravci berou ohled na dodržování jejich požadované doby příjezdu za různých podmínek dopravního provozu,
- **nedostatek přidělených tras (slotů)** je zvláštním fenoménem u přístupu regulované infrastruktury, tj. u železničních sítí, vzdušného prostoru a letišť. Nedostatkové náklady vyjadřují náklady příležitosti poskytovatelů služby za nedostupnost požadovaných odjezdových nebo příjezdových dob. Hodnota účinků nedostatku silně závisí na tržních podmínkách a interních nákladových strukturách poskytovatele služby. K jejich ohodnocení jsou tedy obecně doporučovány aukční procesy nebo aplikace provozních modelů. Kromě nákladů nedostatku tras (slotů) se mohou objevit dodatečné náklady, jako jsou náklady zpoždění (v důsledku nestabilních podmínek služby, a to ve formě dodatečných provozních a časových nákladů). V současnosti probíhá diskuse o tom, zda oba elementy mohou být součástí kapacitních poplatků a jak se vypořádat s různým ohodnocením odsunutých služeb, a to jak ze společenské tak i podnikové perspektivy.

- **pozitivní externality** zlepšených nebo dodatečných služeb, skloňovaných novými uživateli, ale poskytující přínosy cestujícím nebo přepravním, kteří již používají systém, se obecně pojmenovávají jako Mohringův efekt. Tyto pozitivní externality se mohou rovnat nebo dokonce převážit některé náklady kongesce a nedostatku.

Náklady kongesce se skládají z vnitřních a vnějších externích prvků. Jestliže dochází k vytížení nebo převýšení kapacity systému, operátor se setkává s vnitřními nebo soukromými náklady kongesce zvyšující čas a provozní náklady. Externí náklady kongesce jsou potom náklady, se kterými se setkávají všichni ostatní uživatelé systému, v důsledku vstupu tohoto operátora do systému. Externí náklady kongesce nejsou obecně zohledněny uživateli dopravy a tedy snižují společenský blahobyt. Proto jsou předmětem korekčních cenových opatření.

Regulovaný přístup současných velkých hráčů k infrastruktuře může významně snížit podíl externích nákladů kongesce, protože tyto náklady uvalené na ostatní uživatele určité společnosti jsou pro tuto společnost interní. Externality z kongesce jsou proto vyšší u malých společnostech. V extrémní případě pouze jednoho uživatele, např. v případě národních železničních dopravců, by mohly být externí náklady kongesce nulové (INFRASD/IWW, 2004). V tomto případě jsou přítomné pouze nedostatkové náklady, vyjadřující nedostatečnost kapacity infrastruktury.

Účinky kongesce lze rozdělit podle typu zařízení infrastruktury do dvou druhů:

- **úzkoprofilovou kongesci**, která se projevuje na silničních křižovatkách, železničních stanicích, přístavech a letištích. Dodatečné náklady uživatelů jsou vyvolány kapacitou a provozní dobou závislou na zatížení zařízení, včetně účinků front. U tohoto typu kongesce nejsou podstatné ujeté kilometry vozidel. Účinky úzkého profilu (hrdla) v silniční dopravě jsou nejdůležitější u městských sítí,
- **proudovou kongesci**, která se vyjadřuje převýšením přepravní kapacity linek. Na makro úrovni může být tento typ kongesce snadno popsán diagramy rychlosti a proudu. Mikro simulační modely čelí námitce částečné na sobě závislé vzájemné rychlosti vozidel. V městských sítích a v případech blokových přístupových pruhů na silnicích vyššího řádu, čelí obecně reálná síť směsí vzájemné kongesce úzkého profilu a proudu.

Podle typu kongesce jsou nutné různé druhy opatření na zařízení infrastruktury. Mnohem vyšší důležitost proudové kongesce na meziměstských silnicích si vyžaduje internalizační opatření závislá na vzdálenosti, zatímco přístupové poplatky mohou lépe vyhovovat v městských oblastech, přístavech nebo letištích.

Internalizace externích nákladů kongesce (např. zpoplatněním kongesce) si vyžaduje výpočet **marginálních společenských nákladů** (MSN). MSN vyjadřují změnu celkových externích nákladů u všech uživatelů dopravy, jestliže do systému vstoupí dodatečný uživatel. Matematicky mohou být určeny derivováním celkových nákladů uživatele podle počtu uživatelů, experimentálně pozorováními v terénu nebo aplikacemi makro simulačních modelů. Jestliže se uvalení externích nákladů na uživatele dopravy odrazí v úrovni poptávky a tedy v samotné úrovni kongesce, budou vypočteny cenově relevantní marginální sociální náklady kongesce při rovnováze poptávky a nabídky (tedy externí náklady kongesce při optimální úrovni dopravního provozu).

Pro monitorování požadavků kvality dopravního systému se obecně používají různé ukazatele **nákladů zpoždění nebo nadměrných (přebytečných) nákladů**. Jejich konceptem je výpočet průměrných nákladů uživatele nebo cestovních časů nad určitou prahovou úroveň minimálně akceptovatelné normy kvality. Tento koncept požaduje méně údajů než přístup MSN, ale neumožňuje rozlišování soukromých a externích nákladů kongesce. Ukazatele založené na zpoždění se tady mohou stěží použít jako substitut marginálních společenských nákladů nebo nákladů nedostatku.

Čísla **celkových nákladů kongesce** mohou být zajímavá pro monitorování požadavků. Celková ztráta blahobytu kvůli nevykonané internalizaci nákladů kongesce se nazývá mrtvou ztrátou. Počítá se integrací rozdílu mezi sociálními marginálními náklady kongesce (soukromými plus externími) a ochoty uživatelů platit za obvyklou rovnováhu poptávky. Internalizace externích nákladů zabráňuje výskytu mrtvé ztráty a vede k cíli společenské efektivity. Cíl společenské efektivity lze také vyjádřit cestou kalkulace poplatku za kongesci, který stanovuje rovnovážný stav, nebo cestou kalkulace celkových nákladů zpoždění nebo přístupu.

Kongesci lze kromě těchto kvantitativních konceptů vyjádřit také kvalitativními mírami, kterými jsou ukazatele úrovně služby. Nicméně, tato informace nepomáhá při tvorbě cen a nemůže být ani detailně zvažována při následné prezentaci výsledků.

Z výše uvedených konceptů se zpracování kongesce koncentruje na marginální společenské náklady kongesce a hodnoty zpoždění.

## 2.2. Postup a předpoklady výpočtu nákladů kongesce

Kromě řady jiných teoretických publikací o modelování a hodnocení kongesce, jsou v současnosti většinou považovány za vhodné pro odvození hodnot pro praktické aplikace, výstupy ze zpracovaných studií UNITE, TRENEN-II-STRAN, MC-ICAM GRACE, INFRAS/IWWW a COMPETE. Všechny uvedené studie poskytují metodiky a kvantifikují marginální externí náklady kongesce pro specifické situace dopravního provozu, především pro silniční dopravu. Pro ostatní druhy dopravy, u kterých nejsou dostupné evropské studie kongesce, lze použít obecnější studie o cenové regulaci.

Srovnáním metodik dochází ke shodě u základního přístupu ohodnocování časových ztrát založených na charakteristikách rychlosti-proudu (meziměstská silniční doprava), úzkého profilu (hrdla) a funkcí front (městská silniční a letecká) a aplikování přístupu oportunitních nákladů při nedostatku tras a slotů (železniční a letecká). Důkaz nákladů kongesce je mnohem více propracován na silničních sítích než u kongesce a nedostatku v pravidelné (plánované) dopravě, především na regulovaných železničních sítích. Přesto je mezi navrženými hodnotami pro silnici docela významný rozdíl, protože závisí na typu infrastruktury, charakteristikách rychlosti-proudu a na vstupních hodnotách, např. hodnotě času. Požadovaná detailní úroveň velmi závisí na aplikované strategii internalizace (např. na systémech zpoplatnění silnice nebo železniční trati). Velmi detailní hodnoty lze odhadnout přístupem zdola na horu, který uvažuje s normovanou kapacitou u použití silnic a železničních tratí (proudovou kongescí) nebo v uzlech, přístavech, plavebních komorách a letištích (přístup úzkého profilu – hrdla).

Pro měření jednotkových nákladů (marginálních nákladů ve specifických situacích dopravního provozu), jsou navrženy následující kroky:

- zjištění zvýšené doby cestování, ovlivněné vztahem mezi funkcí rychlosti-proudu a funkcí zpoždění a zařízením kapacity (přiřazení nákladů závisí na různých kategoriích vozidel podle jednotek osobních automobilů),
- zjištění hodnoty času, ovlivněné hodnotou času pro specifické požadavky dopravního provozu a různé druhy dopravy (přiřazení nákladů závisí na různých kategoriích vozidel podle jednotek osobních automobilů),
- zjištění dopravního provozu (různých kategorií vozidel podle jednotek osobních automobilů)

Na základě této analýzy lze vyjádřit externí náklady kongesce (pro metropolitní/městské/mimoměstské typy infrastruktury, ve špičce/mimo špičku) vztahem:

Externí náklady kongesce = zvýšená doba cestování \* hodnota času \* objem dopravního provozu

Při výpočtu musíme dále zohlednit následující předpoklady a postupy:

1. *Třídění dopravních sítí:* metropolitní/městské/meziměstské, s jedním pruhem/s více pruhy. Třídění velmi závisí na specifických síťových podmínkách.
2. *Křivky rychlosti-proudu pro různé segmenty sítí s dopravním provozem nebo celých oblastí a křivky kapacitních funkcí křižovatek.* Funkce rychlosti-proudu popisují vývoj průměrných rychlostí cestování v síťovém segmentu s rozsahem dopravního provozu. Většinu současných funkcí rychlosti-proudu pro jednotlivé trasy lze získat např. prostřednictvím německého manuálu EWS (FGSV, 1997). V městských oblastech jsou kapacitní omezení způsobena spíše úzkými profily (hrdly) na křižovatkách.
3. *Ohodnocení úspor cestovního času,* které závisí na ohodnocení změn rychlosti v příslušném druhu dopravy, délce a požadavku jízdy nebo přemístění a na převládajících podmínkách dopravního provozu. Ke stanovení sazeb marginální společenské kongesce, by měly být zvoleny časové hodnoty v podmínkách kongesce – které jsou obvykle o 50% až 100% vyšší než při ohodnocení volného časového proudu (bez působení kongesce). Časové hodnoty by měly dále obsahovat přímé ohodnocení cestovatelem/dopravcem plus očekávanou preferenci ovlivněných lidí nebo společnosti (druhotné účinky). Bez ohledu na to, zda jsou dostupné, měly by se použít diferencované místní hodnoty.
4. *Výpočet funkcí marginálních externích nákladů* (matematických krok) vychází z křivek rychlosti proudu (krok 2) a lokálních ocenění cestovního času (krok 3). Rovnice je vysvětlena v dalším textu.
5. *Ocenění místních elasticit poptávky a modelů reakce dopravního provozu.* Tyto hodnoty jsou v ideálním rámci použity nebo poskytnuty u složitějších modelů dopravního provozu. Silně závisí na reakcích uživatele ve specifických situacích, které závisí na situaci hustoty sítě, jízdních požadavků (např. v rámci podnikání, ve volném času) na možnostech druhového nebo časového posunu a variant dopravy. V případě, že tyto hodnoty nelze předem určit, mohou se použít standardní nákladové elasticity dopravní poptávky (v obvyklém rozpětí od -0,25 až -0,35), ale přesto jsou preferovány místní



hodnoty. Elasticity odpovídají generalizovaným nákladům uživatele, včetně poplatků, provozních nákladů a vnímaných časových nákladů.

6. *Výpočet optimálních úrovnových sazeb* probíhá iterativním modelováním sazeb externích nákladů kongesce a přizpůsobením poptávky, a to tak dlouho, dokud není získána rovnováha mezi marginálními náklady kongesce a úrovní sazby.

Formálním způsobem vypočteme marginální externí náklady kongesce při daném rozsahu dopravního provozu  $Q$  jako:

$$MEC_{kong}(Q) = \frac{VOT \cdot Q}{v(Q)^2} \cdot \frac{\partial v(Q)}{\partial Q}$$

Kde: VOT – hodnota času (Kč/vozhod)

$Q$  – současná úroveň dopravního provozu (voz/hod)

$v(Q)$  – funkce rychlosti-proudu (km/hod)

MECKong - marginální externí náklady kongesce

V závislosti na cenové elasticitě poptávky a sklonu funkce rychlosti-proudu  $v(Q)$  budou výsledné rovnovážné sazby kongesce  $MECKong(Q)$  při rovnovážném proudu dopravního provozu  $Q^*$  odpovídat hodnotě 50% nebo méně z  $MECKong(Q)$ .  $Q^*$  splňuje podmínku, že křivka poptávky nebo ochoty platit  $D(Q^*)$  odpovídá průměrným časovým nákladům plus marginálním externím nákladům  $MECKong(Q)$ .

U jiných druhů dopravy než u silniční, jsou hlavně důležitá zpoždění a náklady nedostatku. Vhodným způsobem ocenění nákladů nedostatku je ochota platit za specifické tratě. V praxi je samozřejmě jednodušší aplikovat náklady nedostatku metodami pokusů a omylů, použitými pro ceny slotů nebo tras zvažujících komponenty poptávky v modelech cenotvorby, které jsou často aplikovány v evropských systémech zpoplatnění tratí. Proto je mnohem obtížnější ocenit jednotkové hodnoty pro pravidelnou než pro nepravidelnou dopravu.

### 2.3. Kritické aspekty

Všechny kroky jsou silně závislé na úrovni diferenciaci a kvalitě dostupných dat, především vztahů rychlosti-proudu (data o kongesci) a hodnotě času. Empirickou bázi, danou mnoha dostupnými národními a mezinárodními studiemi pro hodnotu času, lze považovat za vyhovující. Metodické nejistoty jsou srovnatelně nízké, pokud jde o náklady kongesce pro silnice. Méně dostupná je evidence o nákladech nedostatku. Dodatečným problémem je ošetření nákladů kongesce v důsledku nehod z dopravního provozu. Pokud neexistuje spojení mezi nedostatkem a riziky nehod, je užitečné přiřadit tyto náklady ke kategorii nákladů nehod z dopravního provozu, protože nejsou způsobeny v důsledku nedostatku infrastruktury.

### 3. POŽADOVANÉ VSTUPY PRO VÝPOČET NÁKLADŮ KONGESCE

Ocenění externích nákladů kongesce a oportunitních nákladů nedostatku tras požaduje množství parametrů a předpokladů, protože je nelze měřit fyzickými veličinami. Nejdůležitějšími jsou:

1. hodnota cestovního času požadovaná pro převedení časových ztrát na/nebo redukované spolehlivosti a pohodlí na peněžní jednotky,
2. vztahy rychlosti - proudu popisujících účinek dodatečného vozidla na dopravní systém a tedy na náklady ostatních uživatelů a společnosti,
3. poptávkové elasticity popisující pravděpodobnou reakci uživatelů na internalizaci externích nákladů kongesce.

Existuje velké množství dostupných studií **hodnoty času**. Přestože existuje mnoho národních tradičních metod hodnoty času (především použitých pro analýzu nákladů a přínosů infrastrukturních projektů), jsou evropské přístupy ve větším souladu s mírou kongesce a lépe přenosné z jedné země do další, protože odrážejí spíše hodnoty ochoty platit než jednotkové náklady odvozené z makroekonomických ukazatelů.

Např. projekt UNITE použil pro silniční dopravu hodnotu času ve výši 21€ na osobo hodinu (1998/jízda z důvodu podnikání) a 4 € na osobo hodinu (soukromá jízda a ve volném času). Jiné studie (jako INFRAS/IWW) použily vyšší hodnoty, zvažující i možné nepřímé náklady kongesce ovlivněné zaměstnavateli, zákazníky nebo ostatními (především v podnikání a nákladní dopravě). Tyto nepřímé náklady jsou cenově zcela relevantní, protože tvoří externí prvky kongesce dopravního sektoru.

Studie HEATCO, 2006a doporučuje podobné časové hodnoty podle vozidel náhradou za hodiny cestujících. Rozdíly se vyskytují zejména u dojíždění do zaměstnání (8,48 – 10,89 €/vozkm) a u soukromých jízd (7,13 - 9,13 €/vozkm). Studie doporučuje hodnotit čas v silniční dopravě v situacích s kongescí 1,5 krát výše než u časových norem vozidel. Tato zvýšená ohodnocení se týkají zejména snížení spolehlivosti dodržování průměrných cestovních časů v podmínkách kongesce.

Hodnoty úspory cestovního času navržené projektem HEATCO pro zemi, druh dopravy, požadavek cestování a délku jízd se nakonec doporučují jako implicitní hodnoty, protože zahrnují aktuální evidenci průzkumů o ochotě platit. Výsledky pro 25 zemí ES podle druhu dopravy a požadavku cestování jsou prezentovány v tabulce 1. K získání hodnot pro specifické země nebo různé roční hodnoty, je nutné udělat převod na HDP/na hlavu v přizpůsobení podle parity kupní síly (PKS) a elasticitou 1,0 (podle INFRAS/IWW 2004a; UNITE, 2001). Ostatní studie používají nižší důchodové elasticity, např. Wardman, 1998 zjišťuje pro Velkou Británii hodnotu 0,7.

Převod hodnoty na hodnotu v konkrétní zemi se provede podle vztahu:

$$VOT_{K,C} = VOT_{K,ES25} \left( \frac{HDP / hlava_{K,i} \cdot PKS_i}{HDP / hlavu_{K,ES25} \cdot PKS_{ES25}} \right)^{1,0}$$

Kde: VOT – hodnota času

K – druh dopravy a podmínky dopravního provozu

i - země

Tab. 1 - Doporučené hodnoty času v osobní a nákladní dopravě (průměr ES-25)

Sektor/požadavek	Jednotka	OA/NA	železniční	Autobus/autokar	Letecká
Osobní doprava	€ <sub>2002</sub> /cestující, hodina				
- práce (podnikání)		23,82		19,11	32,80
- dojíždění, krátká vzdálenost		8,48		6,10	*
- dojíždění, dlouhá vzdálenost		10,89		7,83	16,25
Ostatní, krátká vzdálenost		7,11		5,11	*
Ostatní, dlouhá vzdálenost		9,13		6,56	13,62
Nákladní doprava	€ <sub>2002</sub> /tuna, hodina	2,98	1,222		n.a.

\*Hodnoty prezentované HEATCO (70% hodnot dlouhé vzdálenosti) byly odlišné, protože se neprovozuje letecká doprava na krátkou vzdálenost (tj. pod 50 km).

Poznámka: Hodnota času v obchodní dopravě obsahuje všechny prvky z kalkulace úplných nákladů, včetně pořízení vozidla, personálu, paliva a druhořadých účinků na zákazníky.

Zdroj: HEATCO, 2006a

**Vztahy rychlosti-proudu** závisí na charakteristikách infrastruktury, místních podmínkách, podmínkách počasí, uspořádání sítě, dostupných variantách cestování, regulacích (rychlosti, řízení, měření na rampě atd.) a stylu jízdy. Problém křivek rychlosti a proudu se objevuje tehdy, když proud dopravního provozu dosahuje limity silniční kapacity. V tomto případě se stává vývoj cestovních rychlostí nepředvídatelný. Další zvýšení hustoty dopravního provozu dokonce způsobí snížení skutečného obsluhovaného proudu. Proto se doporučuje udržovat úroveň marginálních cen společenských nákladů kongesce za kapacitním limitem, a to na maximální úrovni před tímto bodem.

Křivky rychlosti – proudu za celou síť lze odhadnout provedením různých pozorování úrovní dopravního provozu a cestovních rychlostí v různých denních dobách a dnech, měsíce nebo roku. Kouzlo jednoduché aplikace kontrastuje s omezenou schopností oblastí funkcí rychlosti-proudu předvídat reakce uživatelů na cenová a regulační opatření. Obvykle jimi dochází k odchylkám v různých úrovních sítí a proto jsou lépe popsány síťovými modely. Srovnání modelů naznačuje, že náklady kongesce odvozené oblastí funkcí rychlosti-proudu jsou ve většině případů jasně vyšší než výsledky síťového modelu.

**Cenové elasticity poptávky** dokonce více závisí na místních podmínkách, protože přímo popisují varianty uživatelů vyvolané nahrazením jízd jinými aktivitami. Při absenci složitých multimodálních modelů elasticity dopravní poptávky se doporučují hodnoty od -0,3 u meziměstských silnic (podle UNITE) a v rozpětí -0,5 až -0,7 u hustých silničních sítí. Novější doporučení vychází z rozdílu mezi odhady marginálních nákladů kongesce (ze studií INFRAS/IWW (2004a) a UNITE) na jednotlivé linie a síti. Na konec použitá hodnota cenových elasticit poptávky závisí na způsobnosti simulačního modelu dopravního provozu. V případě, že jsou modelem zachyceny všechny možné vzorky reakce uživatele (trasa, druh a časový posun, volba cíle cestování, nahrazení jízdy atd.) nemusí se uvažovat s žádnou externí elasticitou poptávky.



## 4. OČEKÁVANÉ VÝSTUPY VÝPOČTU NÁKLADŮ KONGESCE

### 4.1. Silniční doprava

Nejdříve se soustředíme na existující odhady cen marginálních společenských nákladů kongesce (CMSNkong). Marginální společenské externí náklady popisují účinek, který uvaluje dodatečný uživatel nebo vozidlo na všechny ostatní uživatele, bez ohledu na to, zda je zohlednil ve svém rozhodování o cestování. Pokud by se uživatelům účtovaly tyto externí náklady, bude objem dopravního provozu reagovat a kongesce a samotné externality budou klesat. Konečné ceny MSNkong tedy vyplývají z rovnovážného procesu mezi marginálními náklady kongesce a poptávkovou funkcí. V každém případě hraje cenová elasticita rozhodující roli v úrovni této rovnováhy nebo v optimálních poplatcích kongesce.

Řada studií odhadla CMSNkong podle různých modelů pro městské oblasti a venkovské silnice. I když se tyto výsledky významně liší v důsledku různého nastavení modelů, agregátních úrovní, parametrů, lokálních charakteristik a podmínek dopravního provozu, přesto dovolují udělat závěr o šířkách cenových pásem marginálních společenských nákladů kongesce v Evropě za různé metodiky a situace dopravního provozu.

Většina dostupných odhadů CMSN u nákladů kongesce pochází z evropských studií nebo ze studií ve Velké Británii. Kontinentální studie jsou často omezeny na vykazování zpoždění, rychlostí a ukazatelů celkových nákladů. Ukazuje se, že u odhadů pro vnitřní městské oblasti, obvykle dochází k tomu, že na této úrovni agregace a daném vzorku malých až středně velkých měst není velikost měst významným hnacím faktorem pro CMSNkong.

K rozvoji základny externích nákladů, se musíme soustředit na hlavní nákladové mechanismy a doporučené vstupní hodnoty. Kromě výše uvedené analýzy jsou odvozeny škály odhadů marginálních společenských nákladů podle tříd silnic a velikosti oblasti.

- Hodnoty zvažují následující strukturu a zdroje:
- hodnoty podle různých přístupů modelování v různorodých studiích jsou považovány za robustní ve srovnání s měnícími se parametry a předpoklady. Samozřejmě, že by bylo žádoucí lepší geografické pokrytí evropských oblastí,
- rozlišení mezi velkými a malými a středně velkými městskými oblastmi (2 miliony obyvatel) je příliš libovolné a mělo by se řídit flexibilně,
- náklady jsou prezentovány v Euro (2005) na vozkm v ranní špičce dopravního provozu. Hodnoty v odpolední špičce a mimo špičky jsou pochopitelně nižší, např. Samson a kol. (ITS, 2001) předpokládají, že čísla mimošpičkových CMSNkong jsou poloviční oproti špičkovým hodnotám u hlavních městských silnic. To samozřejmě závisí na městských poptávkových charakteristikách. Venkovské mimošpičkové hodnoty jsou vykazovány v hodnotě blíží se nule.
- náklady nákladních vozidel jsou kalkulovány ve srovnání s náklady osobních automobilů v poměru k hodnotě nákladů jednotkového osobního automobilu. V důsledku rychlostních limitů a volnosti předjíždění, se tyto hodnoty jednotkových osobních automobilů mění podle třídy silnice, a to na hodnoty v rozpětí od 2 až do 3,5 u těžkých nákladních automobilů. V tomto pořadí mají lehká nákladní auta nižší hodnotu jednotkového

osobního automobilu a u motocyklů se obecně aplikuje hodnota 0,5. Tento přístup vyžaduje odpovědnost za kongesci v poměru spotřebovaného prostoru silnice.

Tyto široké předpoklady vedou k škálám srovnávacích hodnot pro ranní špičku silničního dopravního provozu v různých oblastech a typech silnic pro osobní automobily a těžké nákladní automobily v tabulce 2. V této tabulce udává sloupec „střed“ odhad doporučený při aplikaci v případě nedostupnosti místních odhadů. Ovšem je třeba zdůraznit, že tyto hodnoty nemohou nahradit místní odhady, a to především proto, že se liší místní cenové elasticity poptávky. Dále nejsou stanoveny hodnoty pro pravidelnou dopravu, protože jsou ještě více závislé na místních a manažerských podmínkách.

Tab. 2 - Navržená rozpětí cen marginálních společenských nákladů (optimální externí náklady) kongesce podle tříd silnic a typů oblasti (€/vozkm 2000)

Typ oblasti a silnice	Osobní automobily			Nákladní automobily			Těžké nákladní automobily
	Min.	Střed.	Max.	Min.	Střed.	Max.	Jednotkový osobní automobil
<b>Velké městské oblasti (&gt; 2 000 000)</b>							
Městské rychlostní silnice	0,30	0,50	0,90	1,05	1,75	3,15	3,5
Městské okruhy	0,20	0,50	1,20	0,50	1,25	3,00	2,5
Městské centrální silnice	1,50	2,00	3,00	3,00	4,00	6,00	2
Městské silniční přivaděče	0,50	0,75	1,00	1,00	1,50	2,00	2
<b>Malé a střední městské oblasti (&lt; 2 000 000)</b>							
Městské rychlostní silnice	0,10	0,25	0,40	0,35	0,88	1,40	3,5
Městské okruhy	0,05	0,30	0,50	0,13	0,75	1,25	2,5
Místní silniční kordóny	0,10	0,30	0,50	0,20	0,60	1,00	2
<b>Venkovské oblasti</b>							
Rychlostní silnice*	0,00	0,10	0,20	0,00	0,35	0,70	3,5
Dálnice*	0,00	0,05	0,15	0,00	0,13	0,23	2,5

\* Kalkulovaná s elasticitou poptávky -0.3.

V praktických systémech internalizace existuje řada pozorování pro přenos uvedených nákladů kongesce na vozidlové kilometry za různých podmínek dopravního provozu, a to:

- **Zpoplatnění přivaděče:** Zpoplatňují se v případě jízd nebo veškerých denních cestovních aktivit. Při transformování km poplatků na mýto na přivaděčích, doporučuje literatura předpoklad jízdních vzdáleností okolo 5 km v menších městech a více než 10 km ve velkých aglomeracích. Vzhledem k tomu, že se modely reakce uživatele v jednotlivých městech a aglomeracích liší, zdá se, že je nutné provádět separátní odhad vhodných úrovní a struktur mýta. V případě cen, by se ale neměly měnit denní poplatky počítané pro špičkové hodiny, ale musí se snížit tak, aby reagovaly na určitý podíl mimošpičkového dopravního provozu.

- **Podle spojení a časových variant mýta:** Ceny marginálních společenských nákladů přímo odvozené z křivek rychlosti-proudu obvykle ukazují velmi ostrý růst, jestliže se poptávka přibližuje kapacitě silnice. To je možné obtížně technicky implementovat a nedají se předvídat jízdní náklady uživatelů. Proto se zdá být uživatelsky mnohem přijemnější postupně definovat mýtné poplatky za kongesci. Například:
  - nulové mýtné, pokud se poptávka nerovná 50 % až 60 % kapacity,
  - v rozpětí 50% - 60 % až 100 % kapacity: buď postupně zvyšovat mýtné, až např. na maximální úroveň ceny marginálních společenských nákladů doporučené v tabulce 2,
  - nebo zavádět paušální sazbu rovnou např. střední hodnotě z výše navržených rozpětí,
  - podle doporučení v projektu HEATCO je požadováno 50 % zvýšení nákladů v případě nadměrného používání silniční kapacity.

#### 4.2. Železniční doprava

Studie UNITE D7 navrhuje podle údajů ze Švýcarska a Velké Británie čísla marginální externí kongesce v železniční dopravě v ranní špičce okolo 0,20 €/vlkm. Pozitivní externality dodatečné poptávky (Mohringův efekt) podle Švédských údajů je asi 5 až 10 krát vyšší a rovná se zhruba jednomu Euru na vlkm. Mohringův efekt vylučuje pozitivní efekt dodatečných železničních cestujících nebo železničních zásilek (nákladů) uvolňujících přečpané silnice. Velmi nízká úroveň externích nákladů kongesce na železnici je v souladu se závěry výsledků studie COMPETE, která konstatuje, že kongesce na železnici je často eliminována vlastním schválením jízdních řádů. Z tohoto důvodů High Level Group, 1999; Nash a kol., 2006 a ostatní navrhuji, že je lepší používat hodnotu, kterou železniční dopravci uvádí nedostatek tras, jako míru využití kapacity infrastruktury. Případové studie GRACE ukazují, že nedostatečné trasy ve špičkových hodinách by mohly být téměř 10 krát dražší než mimošpičkové trasy. Ale celková úroveň hodnot nedostatku je ošetřena jako důvěrná informace a studie ji neposkytuje.

#### 4.3. Letectví

Podle případové studie UNITE, 2002c se odhadují marginální externí náklady kongesce okolo 10 €/letový km u průměrného letu provozovaného na letišti Madrid. Tato hodnota zahrnuje i kongesci letového prostoru. Johnson a Sabate, 2006 odhadují náklady kongesce na 17 000 US \$ na odlet letadla v odpolední špičce na letišti Chicago O'Hare. Podle AEA zprávy o přesnosti 2005 (AEA, 2006) se letiště Madrid umístilo na 23 místě přesnosti v rámci srovnání 27 hlavních evropských letišť s podílem 25,9 % zpožděných letů (na prvním místě bylo letiště Düsseldorf s 13,8 %). To znamená, že marginální náklady kongesce jsou v průměru nižší než čísla podle studie UNITE. Tyto marginální externí náklady kongesce lze porovnat s Mohringovými přínosy dodatečného dopravního provozu, které se v Evropě pohybují mezi 2 až 16 €/na letový km.

## 5. ZÁVĚR

Důkaz nákladů kongesce na silničních sítích je propracován mnohem více než pro kongesci a nedostatek v plánované dopravě, především u regulovaných železničních sítí. Ocenění externích účinků kongesce je silně závislé na úrovni diferenciaci a kvalitě dostupných dat, především vztahů rychlosti-proudu (data o kongesci) a hodnotě času. Metodické nejistoty jsou srovnatelně nízké, pokud jde o náklady kongesce pro silnice.

V praxi neexistují žádná další čísla zpracovaná pro ostatní druhy dopravy, např. pro pravidelný dopravní provoz především na železnici a v letecké dopravě. Existující evidence ukazuje, že nedostatek je nepřímo zahrnut v některých stávajících systémech zpoplatnění s ohledem na poptávku nebo úroveň kvality tras nebo slotů.

V řadě studií je možné vyhledat údaje, které odhadují hodnoty marginálních externích nákladů kongesce vznikajících např. v námořní přepravě (při čekání na povolení vjezdu a odjezdu z přístavu a při operacích v námořních přístavech) a při vnitrozemské navigaci dopravního provozu na vnitrozemských vodních cestách.

*Príspevek vznikl za podpory Institucionálního výzkumu MSM 0021627505 „Teorie dopravních systémů“ Univerzity Pardubice.*

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] MILNE,D., NISKANEN, E., VERHOEF,E. *Operationalisation of Marginal Cost Pricing within Urban Transport*, Project AFFORD funded by the EC 4th RTD framework program, Deliverable 1, Project co-ordinator: VATT, Helsinki, 2000
- [2] MEERSMAN, E., MONTEIRO,F., PAUWELS,T. et al. *Generalisation of Research on Accounts and Cost Estimation (GRACE)*. Deliverable D4: Marginal Cost Case Studies vor Air and Water Transport. Antwerp: University of Antwerp, 2006
- [3] BICKEL, P. (et al.). *Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment (HEATCO)*, Deliverable D5: Proposal for Harmonised Guidelines - Stuttgart : IER, Germany, Stuttgart, 2006.
- [4] DOLL, C. *Unification of Accounts and Marginal Costs for Transport Efficiency (UNITE)*, Deliverable 7: User Cost and Benefit Cast Studies, Leeds : ITS, University of Leeds, 2002

Recenzent: doc. Ing. František Orava, CSc.  
České dráhy, a.s.